Aula

6

OBTENDO ENERGIA E MATÉRIA PARA O METABOLISMO DO ECOSSISTEMA

META

Introduzir a evolução do metabolismo dos organismos, processos metabólicos e metabolismo do ecossistema.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:
reconhecer os principais processos de como os seres vivos obtêm carbono e energia necessários ao crescimento e função;
identificar as principais finalidades das reações durante a fotossíntese e quimiossíntese, assim como os fatores que limitam a produção fotossintética;
e demonstrar o fluxo de energia num ecossistema floresta e propor a construção de um modelo para um ecossistema aquático.

PRÉ-REQUISITOS

O aluno deverá saber o que é um sistema e como se constrói um sistema ecológico.

Metabolismo (Fonte: http://bp2.blogger.com).

INTRODUÇÃO

Nesta aula, caro aluno, estudaremos como os organismos adquirem a energia para sua manutenção, crescimento e reprodução. Entenderemos os caminhos da energia e da matéria em que produtores e consumidores conseguem interagir na teia alimentar, fazendo que haja uma redução na perda de energia e redução da entropia.

Nessa abordagem, saberemos que a produção primária depende exclusivamente da disponibilidade de água e da eficiência na absorção da luz pelas plantas. A produção secundária depende da produtividade primária e disponibilidade para os herbívoros, carnívoros e parasitas. O pool (reservatório) (pool, do inglês piscina) destas formas é convertido em matéria orgânica morta e destas dependem os decompositores e detritívoros, mais o ambiente físico-químico que provem condições para que ambos atuem como fonte e sumidouro desta energia e da matéria. Tanto em ambientes terrestres e aquáticos os padrões de produtividade primaria, em grande escala, alguns fatores limitam a produtividade em todos os níveis tróficos e dentro do nível trófico.

Em 1942, Lindermann lançou as bases conceituais da ecologia energética para quantificar a cadeia alimentar e teias alimentares, por considerar que a eficiência de transferência energética entre os níveis tróficos estava relacionada à radiação incidente recebida pela comunidade através de sua absorção pelas plantas verdes e a eficiência fotossintética, o que culminou com a eficiência da transferência energética e seu uso subseqüente pelos herbívoros, carnívoros e decompositores. Nas décadas subseqüentes ao trabalho clássico de Linderman, as informações sobre o conhecimento da produtividade dos sistemas ecológicos através das informações obtidas na tecnologia da informação, por técnicas de sensoriamento remoto por satélites, tiveram um progressivo aumento. Inicialmente os cálculos energéticos nos ecossistemas terrestres envolviam medições de biomassa das plantas, geralmente subestimada, e estimativa das eficiências nas transferências energéticas dentro e entre os níveis tróficos.

EVOLUÇÃO DOS AUTOTRÓFICOS A HETEROTRÓFICOS

Nesta aula, daremos ênfase ao conhecimento dos autótrofos que são "autonutridores", pois produzem e consomem a própria energia que produziu. Os fotoautótrofos usam a energia do sol (fóton) para convertê-la em energia química.

As condições em que os organismos primitivos da terra surgiram obtinham a energia do sol, das rochas e vulcões, um grande fornecedor de CO2 e vapor de água. Desde o início, as condições eram marcadamente de

baixa concentração de oxigênio que variava entre 0 e 0,1% na atmosfera ou seja os seres vivos primitivos evoluíram praticamente sem condições anaeróbicas. Atualmente a concentração de O2 na atmosfera está em 21% e CO2 aumentando, assim como outros gases de origem antrópica. Na figura 1.1 mostra como ocorreu a evolução dos seres fototróficos a partir de condições anaeróbicas.

Figura 1.1 - Adaptada de Brock e Madigan, Biology of Microorganisms. Principais marcos da evolução biológica (PACE, 1997).

Aprendemos que os seres vivos estão divididos em 5 reinos, mas hipótese recente propõe que o mundo vivo pode ser dividido em 3 reinos. Com o desenvolvimento de novas técnicas de classificações dos seres vivos, por genótipos em vez de fenótipos, novas hipóteses surgiram, assim como a nova perspectiva evolutiva baseando-se em novas técnicas de identificação genética, proposto por Woese nos anos (1970). Assim, a "Árvore da Vida" teria 3 ramos: Eubactérias, Arqueobactérias, Eucariontes, uma árvore universal filogenética baseada nas seqüencias SSU rRNA, uma unidade de sessenta e quatro seqüências rRNA que representam todos os campos da filogenética e que demonstram que estão alinhados. Usando a técnica FASTDNAML (43, 52) a árvore da vida com 5 reinos foi modificada, resultando na combinação apresentada pela diminuição das linhagens e pelos ajustes das ramificações, a fim de incorporar resultados de outras análises. A escala corresponde à mudança de 0,1% por base de nucleotídeo, segundo Pace, N (1997) publicado na Science 276:734-740.

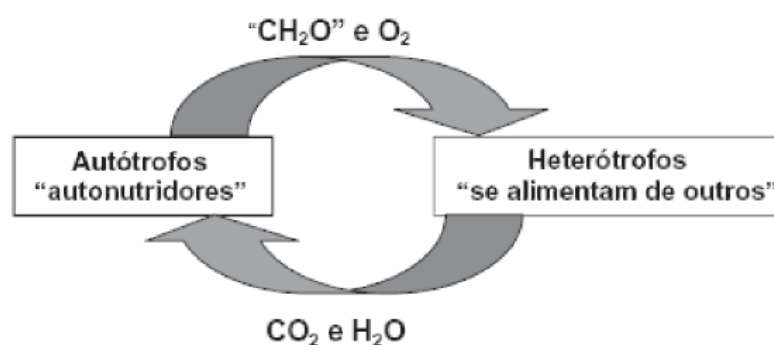
Os primeiros organismos, como dito anteriormente, provavelmente eram quimiotróficos em condições anaeróbicas e substratos não orgânicos. Estes organismos produziam seu próprio alimento, como ocorre atualmente

ATP e NADPH

ATP Adenosina Trifosfato tem o poder de fornecer energia e NADH Nicotina Ade-nina Dinucleotideo, fornecedor de prótons para ATP e NADPH, tem o poder redutor na biossíntese. Durante a fotossíntese há hidrolise da água que fornece 4 elétrons livres e 4 prótons que serão transferidos para o NADP formando o NADPH 2H2O + 2e- à 2 O_2 + 4e- + $4H^+$.

com os quimioautótrofos que usam os compostos inorgânicos ou orgânicos reduzidos para obter mais energia, estes utilizam o resto de energia das reações químicas durante o processo de redução para produzir compostos orgânicos absorvendo carbono (CO_2) do meio.

Vamos entender desta forma: os organismos primitivos para ganhar carbono do meio gastavam a energia das reações químicas. O processo evoluiu até chegarmos na fotossíntese, quando as plantas otimizaram esse processo biológico.

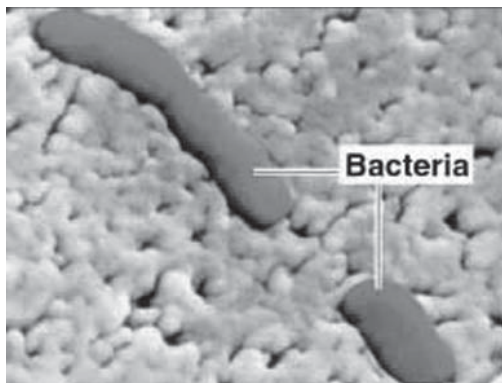
A produção e armazenamento de energia dependem de duas reações: a primeira reação é a produção de **ATP e NADPH**, moléculas que armazenam energia podendo ficar armazenada em estoque de força redutora dentro das células para diversas atividades. Para os seres vivos fotossintetizadores ela é conhecida como reação de Hill. A segunda reação, o Ciclo de Calvin, é comum a todos os autótrofos em que utiliza energia armazenada e força redutora ATP e NADPH para converter CO_2 em CH_2O (açúcar) e assim produzir mais energia que ficará armazenada nas ligações químicas das moléculas de açúcar (ex: glicose)

METABOLISMO BACTERIANO

Inúmeras bactérias quimiotróficas utilizam o processo redox como fonte energética. Nesse processo, a transferência de elétrons de um receptor ao aceptor quando o doador é uma substância inorgânica (H_2, NH_3, H_2S, Fe^{2+}, CO, etc.), estas bactérias são chamadas de litotróficas. Quando o doador é uma substância orgânica são chamadas de organotróficas e quando utilizam o CO_2, como fonte de carbono, são chamadas de autotróficas. As bactérias heterotróficas utilizam substâncias orgânicas como fonte de carbono. Basicamente a classificação do metabolismo das bactérias é: quanto fonte de energia, tipo de doador de hidrogênio e origem do carbono durante a assimilação.

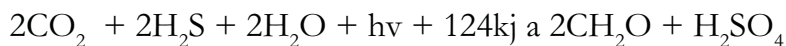
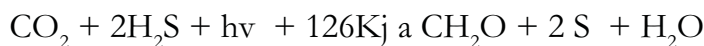
BACTÉRIAS FOTOSSINTETIZANTES

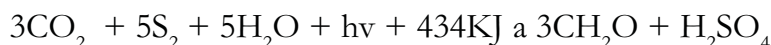
As bactérias fototróficas são as que utilizam a luz solar como fonte de energia. Estes microorganismos vão desde os procariontes unicelulares às cianobactérias (algas verde-azuladas encontradas praticamente em todos ambientes aquáticos, principalmente na região tropical) podendo também realizar fotossíntese em condições aeróbicas.

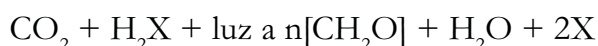
Em 1930, Van Niel estudou pela primeira vez o processo fotossintético

Bacteria (Fonte: http://www.unb.br).

das bactérias utilizando como fonte CO_2. As bactérias púrpuras de enxofre, dotadas de clorofila, são capazes de utilizar a luz, mas não realizam hidrolise da água, como os demais vegetais, deixando de liberar um importante subproduto na atmosfera, o oxigênio (O_2). Podem usar o gás sulfídrico (H_2S) ou então vários tipos de ácidos orgânicos, tais como o ácido acético ou succínico, como fonte de elétrons. As bactérias fotossintetizantes são microorganismos aquáticos que habitam tanto ambientes marinhos quanto de água doce, bem como solos lodosos, turfeiras e brejos. Um exemplo de cianobactéria que utiliza o H_2S como doador de H e oxidam o ácido sulfúrico ao estado elementar do enxofre são as Cromatiáceas as quais possuem pigmentos tipo bactericlorofila "a" + "b".

$$CO_2 + 2H_2S + hv + 126Kj \text{ a } CH_2O + 2 S + H_2O$$

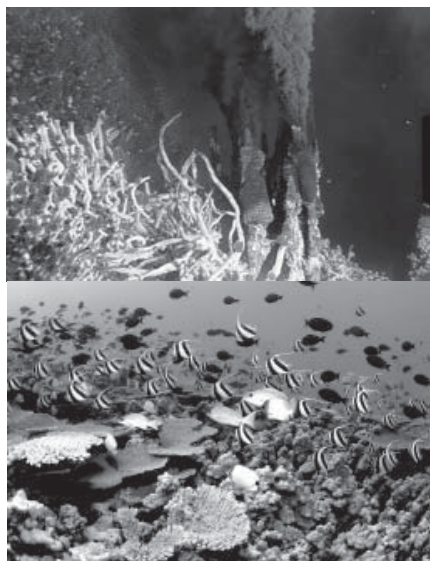
$$2CO_2 + 2H_2S + 2H_2O + hv + 124kj \text{ a } 2CH_2O + H_2SO_4$$

As cianobactérias Clorobiáceas possuem pigmentos bacterioclorofilas a-c-d, oxidam gás sulfídrico ou enxofre elementar a acido sulfúrico

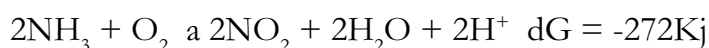
$$3CO_2 + 5S_2 + 5H_2O + hv + 434KJ \text{ a } 3CH_2O + H_2SO_4$$

A reação fotossintética dessas bactérias pode sumarizada da seguinte maneira

$$CO_2 + H_2X + luz \text{ a } n[CH_2O] + H_2O + 2X$$

QUIMIOSSÍNTESE

As bactérias quimiossintese são denominadas também de quimioautotróficas e são divididas em: nitrificantes, enxofre oxidantes, ferro oxidantes e metanotrofos.

As bactérias quimiolitotroficas aeróbicas, conhecida também como bactéria nitrificantes, ocorrem no solo e utilizam como fonte o carbono CO_2 da seguinte maneira:

Quimiossíntese (Fonte: http://upload.wikimedia.org).

Antes oxida a amônia a nitrito (Nitrosomonas)

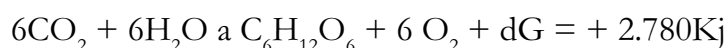
$2NH_3 + O_2$ a $2NO_2 + 2H_2O + 2H^+$ dG = -272Kj

e, obtém -272 Kj de energia

Também, pode oxidar nitrato a nitrito (Nitrobacter)

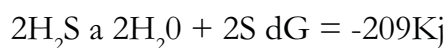
$2NO_2 + O_2$ a $2NO_3$ dG = -75Kj

e, obtém -75 Kj de energia

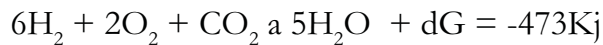
Essas bactérias quimioautotroficas podem utilizar essa energia das reduções em condições aeróbicas e água suficiente favoráveis utilizam-na para assimilar o carbono (CO_2) da seguinte maneira:

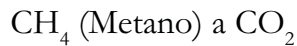
$6CO_2 + 6H_2O$ a $C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$ + dG = + 2.780Kj

Note que a presença de água como doadora de elétrons é importante nesta etapa da reação e uma boa aeração e suficiente aporte de amônia na coluna de água.

Bactérias sulfurosas oxidantes são bactérias sulfurosas, despigmentadas e responsáveis pela oxidação do enxofre. Neste caso, a água pode ser doadora de elétrons, em outros casos são compostos orgânicos reduzidos a doadores.

$2H_2S$ a $2H_20 + 2S$ dG = -209Kj

METANOTROFOS: BACTÉRIAS OXIDANTES DE METANO

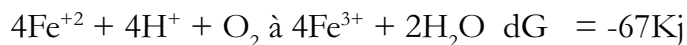
É necessário a esse grupo de bactérias oxidação de hidrogênio. A ativação do hidrogênio é feita pela enzima hidrogenase. Inicialmente precisa-se de energia

$6H_2 + 2O_2 + CO_2$ a $5H_2O$ + dG = -473Kj

Eventualmente as bactérias podem utilizar substratos orgânicos para produzir metano, portanto são litotrofica facultativas, tais como as *Pseudômonas methanica* e *Methylomonas methonoxidans* ou compostos como o metanol.

CH_4 (Metano) a CO_2

Em alguns lagos as bactérias metanogênicas podem influenciar de modo decisivo o balanço de oxigênio/carbono de um lago. A atividade destas bactérias pode consumir o Oxigênio dissolvido da água em 48 horas.

BACTÉRIAS OXIDANTES DE FERRO

Certas bactérias podem oxidar Fe^{2+} à Fe^{3+} e Mn^{2+} à Mn^{3+} (reduzidos) solúveis em água gerando hidratos. Em meios com suficiente concentração de CO2 na água e meio ácido.

$4Fe^{+2} + 4H^{+} + O_2$ à $4Fe^{3+} + 2H_2O$ dG = -67Kj

Estas condições são geralmente encontradas em ambiente de águas subterrâneas onde o aporte de Fe e Mn reduzido é alto.

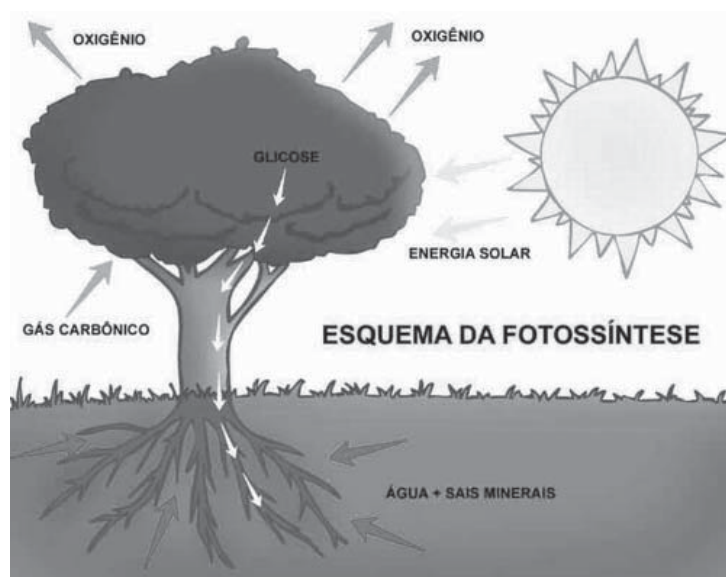
Resumindo: as bactérias quimioautotróficas têm como fonte de energia os compostos inorgânicos reduzidos, tais como: metano (CH_4), amônia (NH_4), o sulfeto de hidrogênio H_2S e ferro (Fe^{2+}).

O PROCESSO FOTOSSINTÉTICO EM PLANTAS TERRESTRES

A luz visível corresponde a uma diminuta faixa do espectro das radiações eletromagnéticas emitidas pelo sol: 380 nm (azul) a 750 nm (vermelho). Os seres vivos provavelmente especializaram-se em utilizar essa banda espectral devido às seguintes razões:

1. A maior quantidade de radiação que atinge a terra encontra-se dentro desta faixa.
2. Radiações de comprimento de onda menor do que 380 nm (ultravioleta – UV) são muito energéticas e destroem a maioria das ligaçoes químicas importantes em substâncias orgânicas, tais como as pontes de hidrogênio.
3. Radiações de comprimento de onda superior a 750 nm (infravermelho – IV) provocam um aumento excessivo de sua energia cinética, ou calor.

As plantas verdes não são os únicos organismos com capacidade de realizar fotossíntese, com vimos na evolução dos organismos procarion-

tes, eucariontes unicelulares e coloniais que são também capazes de fixar carbono pela via fotossintética. Na prática temos três tipos de fixação do carbono pelo processo da fotossíntese anaeróbica e a quimiossíntese. Fotossíntese aeróbica ocorre, além das plantas verdes, em várias algas, tais como: as diatomáceas (*Chrysophyta*), algas verdes (*Cholophyta*), algas marrons (*Chryptophyta*), euglenas (*Euglenophyta*). Mais da metade da produção anual global de carbono da biosfera terrestre deve-se a tais microorganismos fotossintetizantes, os quais utilizando a H_2O como doador de elétrons.

Fotossíntese (Fonte: http://lead.cap.ufrgs.br).

OS PIGMENTOS FOTOSSINTETIZANTES

O pigmento é qualquer substância que absorve a Luz. Pigmentos diferentes absorvem a energia luminosa em diferentes comprimentos de onda. Os principais pigmentos fotossintetizantes são as clorofilas que desempenham um papel fundamental no processo de fixação do carbono. Na figura 1.2 podemos observar o comportamento de dois tipos de pigmentos: as clorofilas "a" e "b" que nas plantas verdes respondem de maneira diferente. A clorofila "a" absorve nas bandas violeta - azul ao amarelo a vermelho extremo, enquanto a clorofila "b" é mais limitada dentro da faixa azul e amarelo. E as outras plantas cujas folhas os pigmentos são vermelhos e amarelos, em que faixa elas absorvem energia?.

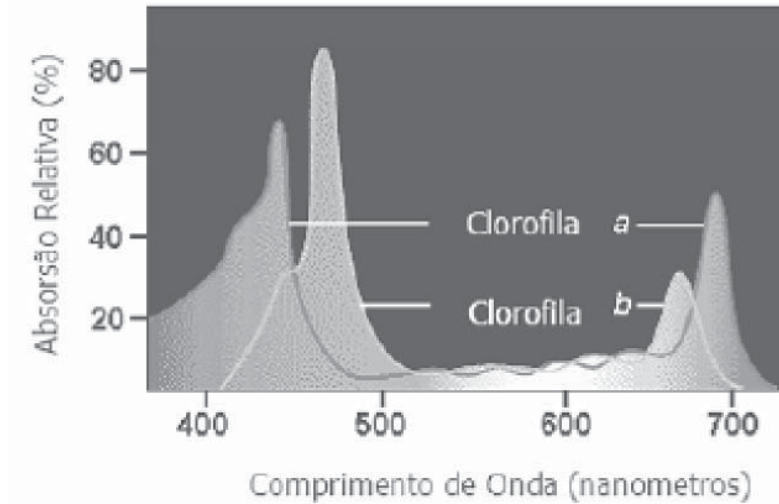



Figura 1.2 - Espectro da absorção da luz pelas plantas nos comprimentos de onda 380 e 730 nanômetros pelas clorofilas a e b.

O cloroplasto é a organela responsável pela reação fotossíntese, em que absorve luz em presença de água e dióxido de carbono (CO_2). É, portanto, o local onde ocorrem todas as fases da fotossíntese nas células eucariontes e alguns procariontes. Essas organelas citoplasmáticas estão envoltas por uma frágil membrana fosfolipídica. Todos os pigmentos fotossintetizantes (ver tabela 1.1) e todas as enzimas são necessárias à fase clara da fotossíntese e são encontrados nas membranas dos grana. O fluído do cloroplasto, o estroma, contém a maioria das enzimas requeridas na fase escura, ou carboxilazação que pode terminar formando a glicose.

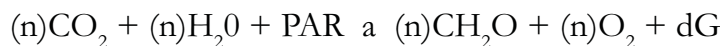
Pigmento	Picos de absorção (nm)	Ocorrência
Clorofila – a	430 - 665	Plantas superiores, algas
Clorofila – b	453 - 643	Idem
Clorofila – c	445 - 643	Diatomáceas, algas pardas
Clorofila – d	450 - 480	Algas vermelhas
β - caroteno	425 – 450 - 480	Plantas superiores, algas
α - caroteno	420 – 440 – 480	Idem
Fucoxantol	425 – 450 - 475	Diatomáceas, algas pardas
Ficoeritrina	490 – 546 - 576	Algas vermelhas, cianobactérias
Ficocianina	618	Idem

Tabela 1.1 Maximo de absorção, ocorrência de clorofilas e alguns pigmentos assessórios. FERRI, 1985 (Adaptado por PINTO-COELHO, 2000).

A reação bioquímica da fotossíntese tem por objetivo reduzir o carbono em forma de CO_2, na presença de água e luz (PAR). A reação geral da fotossíntese das plantas verdes pode ser resumida:

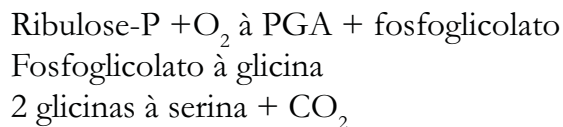
PAR

Radiação Fotos-sintética Ativa. (Photossintétic Active Radiation).

$$(n)CO_2 + (n)H_20 + PAR \text{ a } (n)CH_2O + (n)O_2 + dG$$

dG = energia ganha no processo em quilo Joules

FOTORRESPIRAÇÃO COMO FATOR LIMITANTE DA FOTOSSÍNTESE

Um processo que diminui a eficiência fotossintética é a fotorespiração. Trata-se de uma perda de CO2 já fixado (tanto a fase clara como escura, por carboxilação) a partir da descarboxilação da ribulose-bi-fosfato, processo muitas vezes induzido pelo excesso de luz. O esquema adiante sintetiza as principais vias bioquímicas do processo:

Ribulose-P +O_2 à PGA + fosfoglicolato
Fosfoglicolato à glicina
2 glicinas à serina + CO_2

A foto-oxidação ocorre quando o oxigênio entra no ciclo de Calvin, causando a transformação da ribulose em glicolato e glicina. Duas moléculas de glicina sofrem então uma descarboxilação produzindo uma molécula de serina e outra de CO_2. A serina é reaproveitada novamente no ciclo de Calvin. A maioria dos métodos de determinação da produção primária não é capaz de levar em consideração o fenômeno da fotorrespiração.

METABOLISMO DE UM ECOSSISTEMA

Cerca de 98 ~100% de toda biomassa terrestre é constituída de plantas (~1 estão nos consumidores e decompositores). Como as plantas, algas e bactérias respiram parte da energia obtida ela é gasta na respiração, conforme a figura 1.2

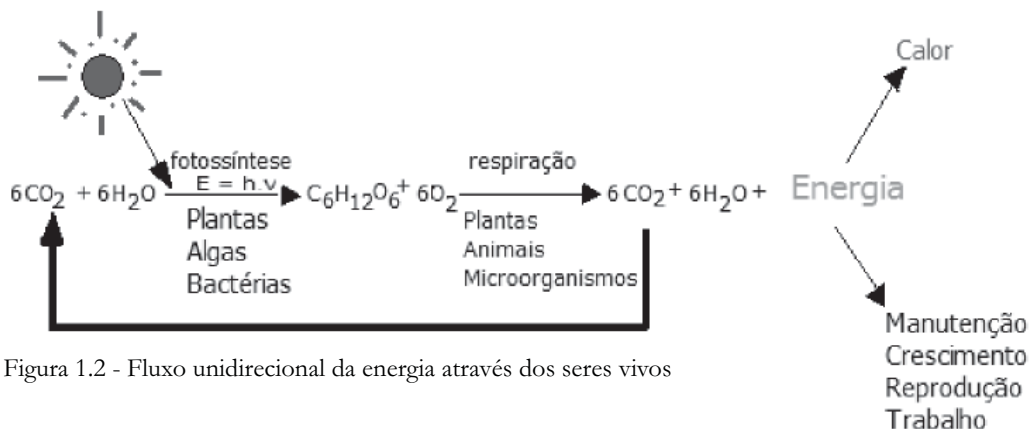



Figura 1.2 - Fluxo unidirecional da energia através dos seres vivos

O importante é que em condições de equilíbrio a produção durante a fotossíntese é igual a respiração ou energia consumida, chamamos de ponto de compensação:

Pb ~ P1 + R

PB = Produção bruta, PL = produção líquida, R respiração

Estes dois processos de produção, consumo da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, são fundamentais para compreender o metabolismo geral dos ecossistemas. O estudo da ciclagem dos nutrientes informa o modo como ocorrem as trocas de materiais entre as porções bióticas e abióticas do sistema.

O açúcar produzido pela fotossíntese da folha alimentará outras partes da árvore. O açúcar passa através de delgados canais das folhas para os ramos, galhos, tronco, raiz, flores e frutos. A figura 1.3 mostra as folhas como produtoras e o restante da árvore como consumidora. A parte consumidora da árvore mantém as folhas, processam nutrientes e água provenientes do solo, e levam a cabo a reprodução. Na noite, as folhas também se tornam consumidoras, utilizando os depósitos de açúcar produzidos durante o dia anterior com a luz do sol. O processo de consumo utiliza açúcar e oxigênio e libera dióxido de carbono, água e nutrientes conforme se descreveu na aula 5. Esse processo é também chamado respiração.

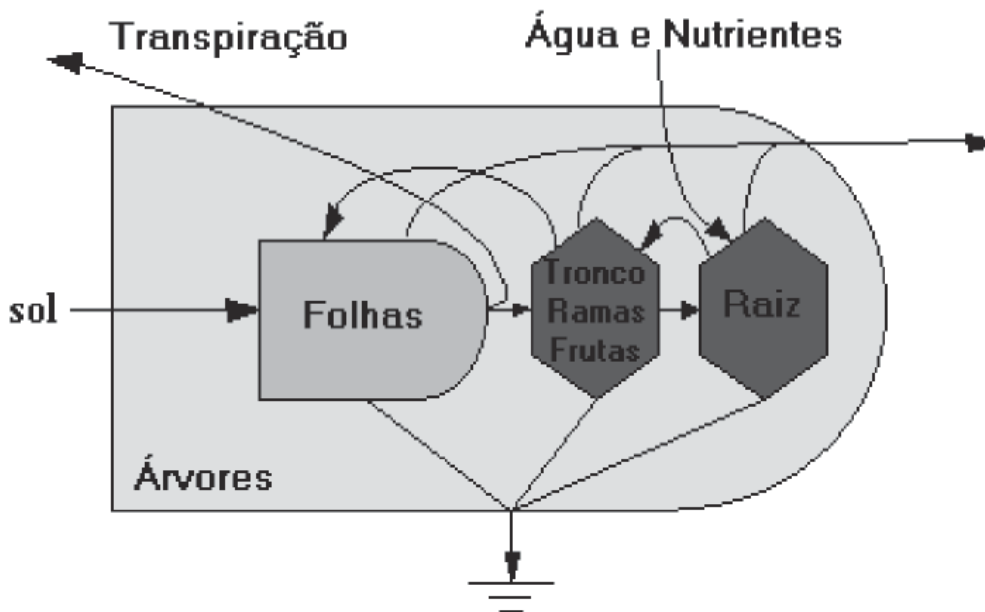



Figura 1.3. Modelo de um sistema produtor integrando os processos de fotossíntese e transpiração da planta.

Normalmente, a produção das folhas é maior que o consumo do restante da planta. A árvore inteira produz alimento suficiente para manter outras partes do ecossistema, incluindo animais e organismos do solo. Para mostrar que a fotossíntese e a respiração são partes do processo de produção da planta, um grande símbolo de produção é desenhado ao redor de todas as partes da árvore. O sol e o vento fornecem energia para ajudar as folhas a transpirar a água. Esse fluxo de água flui pelos capilares (finos canais)

da madeira dos troncos, transportando ao mesmo tempo os nutrientes necessários para a fotossíntese da folha. O caminho da água e nutrientes é mostrado como um caminho que se origina na terra e vai para as folhas.

Heterótrofos (Fonte: http://www.geocities.com).

O PAPEL DOS HETERÓTROFOS

São organismos consumidores que obtêm energia necessária para seu metabolismo a partir da ingestão de substâncias orgânicas sob variadas formas. Os heterótrofos constituem numa categoria de organismos que vão desde bactérias organotróficas até vertebrados superiores. Existem nessa categoria diferentes estratégias metabólicas, tais como: os organismos endotérmicos que são capazes de manter a temperatura corporal para suportar variações na temperatura externas, os ectotérmicos que não apresentam capacidade tão desenvolvida. Os alimentos podem variar na sua disponibilidade aos heterótrofos: vai de alimentos dissolvidos até duras sementes soterradas no gelo e nas areias do deserto.

Vamos analisar como os heterótrofos obtêm seus alimentos num ecossistema de floresta. Esse material numa floresta chama–se serrapilheira ou matéria orgânica do solo, quando sofre algum processo de degradação. Estão incluídas na serrapilheira as folhas mortas, ramos, troncos, excrementos de animais, penas, etc. Muitas espécies de animais do solo, incluindo uma grande biomassa de minhocas, se alimentam da serrapilheira, dividindo-a em pequenas partículas. Fungos, bactérias e outros microorganismos usam a matéria orgânica restante como comida. Esses consumidores chamam decompositores porque desdobram moléculas orgânicas complexas em nutrientes simples; produzem nutrientes (como fosfatos, nitratos, potássio e muitas outras substâncias químicas) que podem novamente ser absorvidas pelas raízes.

ESTRUTURA DE UMA CADEIA ALIMENTAR

Em uma cadeia simples de alimentação a planta produtora é comida por um consumidor de plantas (herbívoro), que por sua vez pode ser ingerido por um carnívoro. O primeiro é um consumidor primário e o segundo é um consumidor secundário. Por exemplo, o esquilo come sementes de pinheiro, e a coruja come o esquilo. Em cada elo da cadeia alimentar algum alimento volta a fazer parte dos tecidos do próximo consumidor.

Usualmente cadeias alimentares simples estão ligadas a outras cadeias alimentares com caminhos ramificados, que formam a Rede Alimentar. A cadeia alimentar de uma floresta pode ser apresentada conforme a figura 1.4. (Odum et al. 2003)

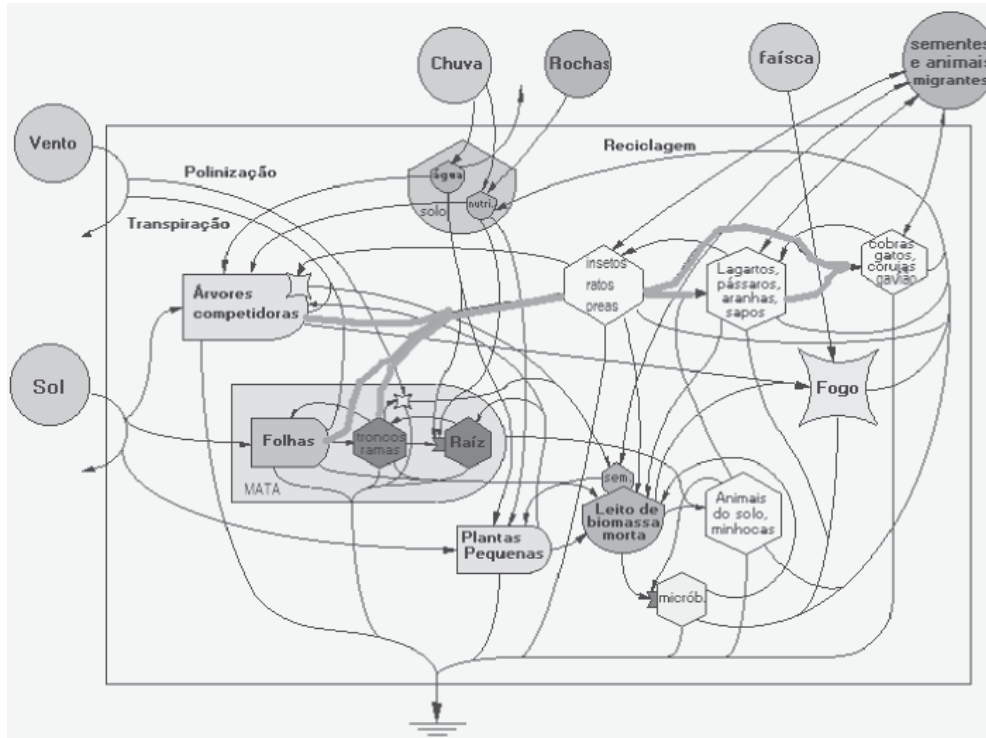



Figura 1.4 - Modelo de ecossistema floresta e estrutura da cadeia alimentar produtores, consumidores e decompositores detritívoros.

CONTROLE DA PRODUÇÃO POR RETROALIMENTAÇÃO

Na figura 1.4 os caminhos de retroalimentação mostram a ação dos consumidores para controlar as plantas, e a ação dos altos consumidores em controlar os mais baixos. Enquanto o alimento se move da esquerda à direita, a ação de controle vai de direita à esquerda. O término do controle de retroalimentação se refere ao serviço que faz o consumidor de nível superior para os organismos inferiores. Por exemplo, as abelhas polinizam as flores, enquanto recoletam néctar; os esquilos plantam frutos de carvalho e os pássaros transportam sementes.

O controle da população é outro exemplo do serviço de controle da retroalimentação. Quando uma espécie de planta se torna numerosa, a população de insetos que se alimenta dela, também aumenta. Ao comer grande quantidade de plantas, os insetos podem regular o número de plantas daquela espécie, permitindo o aumento de outras espécies. Como resultado, a floresta mantém uma grande diversidade (diferentes espécies) e melhor produção global.

Abelha polinizando flor (Fonte: http://sol.sapo.pt).

CONCLUSÃO

Nesta aula, tratamos dos aspectos evolutivos e a origem dos autotróficos a heterotróficos. A importância das bactérias anaeróbicas e os processos de obtenção da energia através das reações químicas de baixa energia até as bactérias fotossintetizantes com capacidade de assimilar carbono diretamente sem substratos. As plantas terrestres têm uma infinidade de pigmentos fotossintetizantes que propiciaram a estes organismos a conquistas definitiva dos vários ambientes terrestres. O crescimento, no entanto, tem fatores limitantes na produção da biomassa tanto por limitações bioquímicas e fisiológicas como por disponibilidade de carbono. O conhecimento dos processos biológicos da fotossíntese e da respiração é discutido no papel dos heterótrofos, o que responde a pergunta inicial. Propomos um modelo de ecossistema, com uma cadeia alimentar numa floresta tropical, para entendermos como os processos de retroalimentação dos nutrientes e os fatores fogo e água como controladores do fluxo de energia e materiais macro e micronutrientes.

RESUMO

O conteúdo da aula de hoje pode ser divido em três partes: primeiro a evolução dos autotróficos a heterotróficos, metabolismo bacteriano e as bactérias fotossintetizantes; segundo a quimiossíntese, o processo fotossintético em plantas terrestres, os pigmentos fotossintetizantes e a fotorrespiração como fator limitante da fotossíntese; e terceiro o metabolismo de um ecossistema, o papel dos heterótrofos, a estrutura de uma cadeia alimentar e o controle da produção por retroalimentação.

ATIVIDADES

1. Pesquise sobre os hábitats das bactérias fotossintetizantes e suas características metabólicas:
a) Cianobactérias.
b) Cromatiáceas.
c) Bacterioclorofilas (a + b).
d) Clorobiáceas.
e) Rodospiriláceas.
2. Discuta a seguinte proposição. Nas plantas terrestres os pigmentos absorvem energia em comprimentos de ondas diferentes. Como isso pode afetar a distribuição e abundância dos organismos dentro de um ecossistema de floresta úmida e de uma floresta aberta.
3. Como base no modelo de ecossistema terrestre, identifique os símbolos proposto na figura 1.4
a) Desvio.
b) Respiração.
c) Controle da população.
d) Diversidade.
e) Serrapilheira.
f) Cadeia alimentar.
g) Retroalimentação.
4. Ainda na figura 1.4, procure explicar o papel dos consumidores primários, secundários e terciários no ecossistema da floresta.
a) Defina a cadeia alimentar e use-a em uma frase completa.
b) Por que os controles de retroalimentação são necessários para a sobrevivência de um ecossistema?
c) No diagrama, Figura 1.4, observe que dois fatores atuam como controladores limitantes da produção primária na cadeia alimentar.
d) Identifique os consumidores e seu papel na circulação da matéria.
5. Construa um modelo de ecossistema com base numa lagoa e todos organismos encontrados.

COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

O objetivo é praticar a modelar o ecossistema por mais simples que seja. Dá uma idéia de quantidade, fluxo de energia e circulação da matéria.

PRÓXIMA AULA

Em nosso sétimo encontro, veremos a produtividade dos ecossistemas: produção primária.

REFERÊNCIAS

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. Ecologia de indivíduos a ecossistemas. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
ODUM, E. P.; BARRET, G. W. Fundamentos de Ecologia. 5 ed. São Paulo: Thompson Learning, 2007.
ODUM, H. T. et al. Environmental systems and public policy. Ecological Economic Program, University of Florida. Boca Raton/Flórida/EUA: CRC Press, 1997.
PACE, N. A molecular view of microbial diversity and the biosphere. Science. 276:734, (L) 1997.
PHYLLIPSON, J. Ecologia energética. São Paulo. Editora Nacional, 1977.
PINTO-COELHO, R. M. Fundamentos em Ecologia. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. p.140-145.
RICKLEFS, R. E. A economia da natureza. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.
TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. Fundamentos da Ecologia. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.
http://www.unicamp.br/fea/ortega/eco/index.htm.
http://www.universia.com.br/mit/curso.asp.